

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dasar Teori

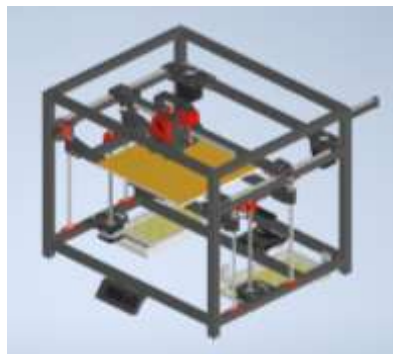
2.1.1 3D *Printing*

3D *Printer* merupakan suatu mesin pencetak yang mencetak objek secara 3D yang dapat dilihat, dipegang serta memiliki *volume*. Suatu model 3D dibentuk lapis demi lapis yang proses pembuatan barang padat 3D dari file digital (Andriyansyah et al., 2021).

3D *Printer*, juga dikenal sebagai *Additive Manufacturing* (AM), mengacu pada proses yang digunakan untuk membuat sebuah objek tiga dimensi di mana lapisan material dibentuk di bawah kendali komputer untuk membuat suatu objek tersebut. Benda bisa mirip sama bentuk atau geometri dan biasanya diproduksi dengan menggunakan data model digital dari model 3D maupun dari sumber data elektronik lainnya seperti file *Additive Manufacturing File* (AMF). (Edoward Ramadhan et al., 2022)

Terdapat beberapa komponen utama pada mesin 3D *printing* berbasis FDM bagi Hovart. Berikut adalah bagian-bagian mesin 3D *Printing* : (Saputra & Surakarta, 2019)

- a. *Frame* adalah sturktur utama untuk menompang mesin 3D *printing*. *Frame* harus kaku dan kokoh sehingga cetakannya bisa terbentuk dengan akurat.



Gambar 2.1 Frame 3D *Printing Core*

- b. *Print head* merupakan bagian dari *printing* yang berguna untuk melelehkan dan menggerakkan filamen. *Print head* terdiri dari *nozzle*, *heater*, dan *fan*.



Gambar 2.2 *Print Head*

- c. *Nozzle* merupakan bagian untuk menghasilkan bahan yang berupa semi-solid sehabis melewati *heater*. *Nozzle* memastikan keahlian bahan bisa dicairkan dengan benar. *Nozzle* bermutu baik bisa menyuplai bahan seperti polikarbonat, nilon, serta plastik temperatur besar yang lain.



Gambar 2.3 *Nozzle*

- d. *Build platform* atau *bed* adalah permukaan datar untuk mencetak. Beberapa *printing* memiliki *bed* yang dapat dipanaskan untuk memungkinkan pencetakan bahan yang perlu dijaga temperaturnya selama proses cetak.



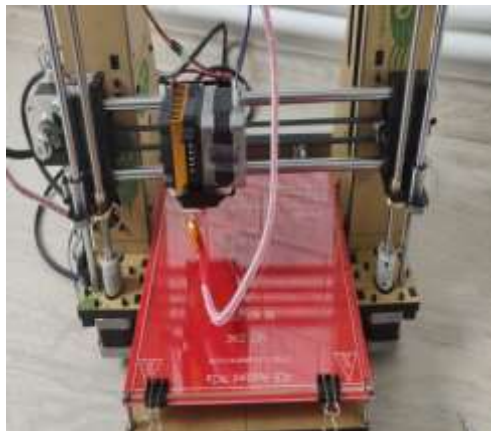
Gambar 2.4 Build Platform

- e. *Bowden* berfungsi untuk mengatur filamen saat didorong atau ditarik oleh motor.



Gambar 2.5 *Bowden*

- f. *Moving Parts* adalah kombinasi motor stepper yang terpasang pada sekrup, kabel, belt, dan sistem lain yang menempel pada *pulley*. Motor untuk *printing* 3D biasanya memiliki 200 *step per revolution*. Setidaknya ada 5 motor *stepper* pada 3D *printing*.



Gambar 2.6 *Moving Parts*

g. *Electronics Control* terdiri dari mikroprosesor dan sebuah board sebagai kontrol untuk program pada mesin 3D *printing*. Sebagian besar *printing* 3D adalah sistem loop terbuka.



Gambar 2.7 *Electronic Control*

2.1.2 Parameter Pada Mesin 3D *Printing*

Parameter merupakan suatu acuan yang digunakan untuk mengatur suatu nilai pada mesin untuk dapat memberikan hasil yang diinginkan pada saat proses. Pada mesin 3D *printing* parameter dimasukan melalui sebuah *software Ultimate Cura* untuk mengetahui waktu dan kecepatan yang digunakan, selanjutnya akan dibaca oleh mesin sebagai perintah untuk proses mencetak. Berikut parameter-parameter yang ada pada mesin 3D *printing*.

- a. *Nozzle temperature* adalah *temperatur* pada saat filamen diekstrusi.
- b. *Bed temperature* adalah *temperatur* pada papan/plat dimana objek menempel saat dicetak.
- c. *Layer height* adalah ketebalan setiap lapisan.
- d. *Extrusion width* adalah lebar pada material yang telah *ekstrusi*. Besar nilai *extrusion width* harus lebih besar dari *layer height*.
- e. *Perimeters* adalah jumlah minimum *shell vertikal* (dinding) yang akan dicetak.

- f. *Fill density* adalah tingkat kerapatan pada bagian inti dari objek yang akan dicetak. *Fill density* berkisar 0 sampai 100%
- g. *Fill pattern* adalah pola pengisian pada bagian inti objek. Namun *fill pattern* hanya dapat dilakukan dengan *fill density* kurang 100%. Memilih *fill pattern* tergantung pada jenis model, kekuatan struktural yang diinginkan, dan kecepatan cetak. Pola infill pada umumnya berbentuk *rectilinear*, *line*, dan *honeycomb*.
- h. *Raster angle* adalah sudut pola *infill* (*infill pattern*).
- i. *Raft layers* berfungsi menambahkan lapisan tambahan di bawah model pada saat awal pencetakan yang berguna untuk menopang bagian *layer* yang mengambang. *Raft* memerlukan proses tambahan untuk menghilangkannya.
- j. Kecepatan adalah kecepatan gerak pada saat mencetak. Pada pengaturan *default* hanya ada tiga pengaturan kecepatan yang perlu dipertimbangkan: *Perimeters speed* adalah kecepatan *outline* pada model. Proses cetak yang sedikit lebih lambat dapat membuat *outline* cetakan memiliki sisa material ekstrusi yang lebih sedikit.
- k. *Brim width* berfungsi untuk menambahkan perimeter lebih ke lapisan pertama sebagai dasar, yang berguna untuk memberi area permukaan lebih banyak agar dapat menempel pada bed dan mengurangi *warping* (sudut cetak terlepas dari bed)

2.1.3 Computer Aided Design (CAD)

CAD yang merupakan singkatan dari *Computer Aided Design* merupakan *software* komputer yang digunakan untuk mendesain sebuah produk di fase desain selama proses *engineering*. Fasilitas dalam aplikasi ini meliputi pemilihan material, proses, dimensi, dan toleransi. Desain yang digambar dapat berupa 2 dimensi ataupun 3 dimensi dan dapat dilihat dari berbagai sudut pandang. Penggunaan CAD mampu meningkatkan kualitas desain, *produktivitas engineer*, dan meningkatkan komunikasi antara desainer dengan pembacanya. (Rudolph et al., 2015)

Software CAD merupakan terobosan bagi para *engineer* dalam mendesain produk. Melalui aplikasi ini para *engineer* tidak lagi menggambar manual cukup melalui komputer. Nyatanya, *software* ini memiliki peran yang luas di industri. Sebut saja beberapa diantaranya adalah industri otomotif, kapal, *aerospace*, dan arsitektur. Peran CAD ini juga dapat digunakan untuk memproduksi animasi spesial efek pada industri broadcasting yang biasanya disebut dengan *Digital Content Creation* (DCC). (Sani et al., 2022)

2.1.4 *Slicing* (Pembuatan Lintasan)

Membuat file CAD merupakan bagian awal dari proses pencetakan 3D. Langkah berikutnya merupakan lintasan cetak yang di sebut *slicing* wajib memperhitungkan bentuk dari *printer* tersebut serta geometri model yang ingin di cetak. Proses *slicing* yang ada pada 3D *printing* butuh memastikan beberapa pengaturan semacam bahan, *temperatur*, waktu buat mengekstrusi bahan, serta pengaturan lain yang ada pada tiap-tiap program *licer*. Pembuatan pola lintasan mesin *rapid prototyping* bertujuan agar pergerakan dapat dilakukan secara robotik pada bidang XYZ. Proses-proses ini membutuhkan pengaturan dalam pembuatan lintasan yang berbeda. Pendekatan-pendekatan pengaturan untuk proses *slicing* dikategorikan ke dalam empat kelompok :

- 1) Metode *slicing* model CAD dengan ketebalan yang seragam (*uniform*).
- 2) Metode *slicing* model CAD dengan ketebalan layer *adaptive*.
- 3) Metode *slicing* model CAD dengan ketebalan *adaptive*.
- 4) Metode *slicing* dengan perhitungan kontur yang tepat

Model *slicing* ketebalan *layer* seragam dimana seluruh *layer* memiliki ketebalan yang sama sebaliknya tata cara *slicing* ketebalan *layer adaptive*, ketebalan *layer* bermacam-macam bagi kompleksitas geometri. Proses pembuatan lintasan pada saat *slicing* dapat mempengaruhi kualitas permukaan, kekuatan, kekakuan, dan waktu pembuatan produk.

2.1.5 *Acrilonitrile Butadiene Styrene (ABS)*

Teknologi 3D *Printing* FDM (Fused Deposition Modelling) ialah teknologi 3D *Printing* yang memakai material plastik (polimer). Banyak tipe plastik digunakan. 3D *Printing* pula tidak lepas dari banyak opsi plastik yang mengikuti guna bertujuan untuk hasil dari 3D *print* tersebut. Bila polimer tipe ini dipanaskan, hingga hendak jadi lunak dan didinginkan hendak membeku. Proses tersebut bisa terjalin kesekian kali, sehingga bisa dibangun ulang dalam bermacam wujud lewat cetakan yang berbeda untuk memperoleh produk polimer yang baru. Tipe plastik ini tidak mempunyai jalinan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear ataupun bercabang.

Acrilonitrile Butadiene Styrene adalah termoplastik yang termasuk kedalam kelompok *polystyrene* dengan kekuatan yang tinggi. ABS ialah hasil dari *polimerisasi Styrene* dan *Acrilonitrile* di dalam *polybutadiene*. *Akrilonitril* adalah monomer sintesis yang dihasilkan dari *propylene* dan *ammonia*, *butadiene* adalah minyak hidrokarbon yang diperoleh dari *fraksi C4* uap *cracking*, dan *styrene* monomer dibuat oleh *dehidrogenasi* dari *etil benzene hidrokarbon* yang diperoleh dalam reaksi *etilen* dan *benzene*. Proporsinya bias bermacam-macam dari 15% sampai 35% *acrylonitrile*, 5% sampai 30% *butadiene* dan 40% sampai 60% *styrene*. Sifat mekanis yang dimiliki pada plastik ABS ditandai dengan ketahanannya yang tinggi, ketahanan terhadap guncangan, kekuatan lentur, dan permukaan yang keras.

Aplikasi ABS adalah polimer organik pembentuk plastik yang cukup mempunyai kekuatan dengan harga yang relatif rendah. Beratnya yang ringan dan kemampuan untuk dibentuk dan diekstrusi membuatnya berguna dalam produk manufaktur seperti saluran limbah lubang AGD sistem pipa, alat musik, komponen otomotif, pelindung alat elektronik seperti speaker, peralatan medis untuk akses darah, peralatan dapur sampai dengan mainan anak – anak yakni Lego. Rumah tangga dan barang – barang industri konsumen adalah konsumen utama dari *Acrilonitrile Butadiene Styrene (ABS)* .(“Tiyil.id”, 2023)

Secara umum ABS memiliki karakteristik data *sheet* sebagai berikut. Dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Data Sheet Karakteristik Filamen ABS

MATERIAL DATA SHEET			PRINTING PARAMETERS		
ABS			ABS		
Base Material	ABS	unit	Filament Type	ABS	
Diameter	1.75/2.85/3.0	mm	Printer Type	Makerbot,FlashForge,Monoprice,Ultimeker XYZprinting,ALUNAR,Creativity3D and other desktop printer	
Tolerance	±0.03	mm	Extruder Type	Direct Drive/Bowden Tube	
Specific Gravity	1.05	g/cm ³	Layer Height	0.1-0.3	mm
Tensile Strength	47	Mpa	Fill Density	0-80	%
Impact Strength	19	KJ/m ² .Izod	Print Speed	0-60	mm/s
Surface	Matte	n/m	Printing Temperature	220-240	°C
Transpency	Opaque	n/m	Build Bed Temperature	80-110	°C
Processibility	Good	n/m	Retraction Speed	30-50	mm/s
The data are intenden as general guide only and do not necessarily represent results that may be obtained elsewhere.			Cool Fan	Yes	
			Above information just for reference.Pls adjust according to yours.		

Technical Data

ABS

Diameter : 1.75mm

Toerlance : ±0.03mm

Net Weight : 1kg

PrintTemperature : 220-240°C

Bed : 80-100°C

2.2. Kajian Pustaka

Herda Agus Pamasaria, dkk. (2020). Terdapat 3 parameter terukur yang diteliti untuk mendapatkan bentuk spesimen yang optimal, yaitu *printing temperature*, *layer height*, dan *printing speed*. Setiap parameter ditentukan 3 level (*minimum*, *middle*, dan *maksimum*), dan penentuan level didasarkan rekomendasi dari karakter material plastik daur ulang PP.

Banyaknya percobaan yang dipilih dalam *Orthogonal Array* harus lebih besar atau setidaknya sama dengan banyaknya percobaan yang diperoleh dari hasil perhitungan derajat bebas. Dari perhitungan didapatkan derajat kebebasan (DOF) sebesar 6, maka jumlah eksperimen yang harus diambil minimal berjumlah 6, sehingga penelitian ini menggunakan *Orthogonal Array* L9 yang memiliki jumlah eksperimen berjumlah 9.

Danang Yudistiro, dkk. (2022). Berdasarkan data filamen pada akan dibandingkan nilai diameter yang terbaik pertama dan kedua. Hasil terbaik yang dimaksud adalah rata-rata diameter filamen yang diperoleh paling mendekati diameter yang menjadi target, yakni 1.75 mm. Hasil diameter terbaik dengan

kombinasi parameter kecepatan 13 mm/s, *temperatur* (160/180°C) dan jarak 700 mm dengan rata-rata diameter sebesar 1,73 mm. Pengulangan pertama dan kedua memiliki nilai -0,03 mm dari target 1,75 mm. Sedangkan untuk pengulangan ketiga memiliki nilai +0,01 dari target. Sehingga rentang dari hasil pengulangan rentang kisaran antara -0,03 sampai +0,01 atau sebesar 0,04 mm. Sedangkan untuk yang terbaik kedua dengan kombinasi parameter kecepatan 13 mm/s, *temperatur* (150/170°C) dan jarak 200 mm dengan dihasilkan rata-rata diameter sebesar 1,74 mm. Rentang kisaran yang dihasilkan di setiap pengulangan sangat bervariasi, dimulai dari yang pertama dengan nilai +0,01 mm kemudian di pengulangan kedua +0,03 mm dan pada pengulangan ketiga mengalami penurunan yang cukup signifikan yakni -0,06 mm. Sehingga menjadikan rentang yang dihasilkan terlalu lebar yakni -0,06 sampai +0,03 atau sebesar 0,09 mm.

Yudi Oktriadi, dkk. (2021). Penelitian ini menggunakan bahan *filament* PLA *food grade* yang dimana filament ini berasal dari tanaman seperti tepung jagung, akar tapioka dan tebu. *Filament* ini mempunyai sifat yang dapat terurai secara hayati dan secara mekanis dapat didaur ulang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *eksperimen*. Metode *eksperimen* digunakan untuk mendapatkan parameter proses yang optimal terhadap keakurasian dimensi *spesimen*.

Deni Andriyansyah, dkk. (2021). Metode *manufaktur* 3D *printing* (cetak 3 dimensi) merupakan metode *manufaktur* baru yang bekerja dengan menumpuk lapisan-lapisan material sehingga termasuk pada kategori *additive manufacturing*. Teknologi ini pada awalnya hanya digunakan untuk membuat *prototype*. Namun perkembangannya yang pesat membuat teknologi 3D *printing* mulai diaplikasikan pada pembuatan produk-produk final. Aplikasi teknologi 3D *printing* sangat luas, meliputi bidang *manufaktur*, *aeronautika*, medis, 3D *modelling*, dan lain sebagainya.

Hasdiansah dan Herianto. (2018). Penelitian dengan menggunakan *filamen* TPU untuk melihat pengaruh parameter proses 3D *Printing* terhadap tingkat *elastisitas* produk telah dilakukan. Melalui penelitian ini diperoleh bahwa parameter proses yang disetting pada *slicing software* mempengaruhi tingkat

elastisitas produk. Semakin kecil nilai yang ditunjukkan oleh neraca digital, maka Seminar Nasional Inovasi Teknologi e-ISSN: 2549-7952 UN PGRI Kediri, 24 Februari 2018 p-ISSN: 2580-3336 192 semakin tinggi tingkat *elastisitas* produk tersebut. Semakin besar nilai yang ditunjukkan pada neraca digital, maka semakin rendah tingkat *elastisitas* atau semakin rigid produk tersebut. Pengaturan *Layer thickness* 0.2 mm pada saat *slicing* memberikan pengaruh berkurangnya tingkat elastisitas terhadap hasil *printing*. *Spesimen* dengan *Layer thickness* 0.2 mm seperti *spesimen* No. 3, *spesimen* No.6, dan *spesimen* No.9 memiliki nilai rata-rata pengujian *elastisitas* yang cenderung sama yaitu 0,365 kg, 0, 369 kg, dan 0,378 kg. *Layer thickness* 0,15 mm seperti *spesimen* No.2, *spesimen* 5, dan *spesimen* No.8, menghasilkan produk paling *elastis* yaitu 0,331 kg, 0.333 kg, dan 0,333 kg bila dibandingkan dengan *layer thickness* 0,1 mm dan 0,2 mm dengan tiga variasi *extruder temperature* 205°C, 210°C , dan 215°C. Perbedaan *extruder temperature* sebesar 5°C dengan *layer thickness* 0,15 mm tidak memberikan pengaruh yang *signifikan* terhadap tingkat *elastisitas* produk yang dicetak menggunakan filamen TPU. *Layer thickness* 0.1 mm memberikan efek menurunkan *elastisitas* produk bila dibandingkan dengan *layer thickness* 0,15 mm. *Layer thickness* 0,2 mm dan *extruder temperature* 215°C memiliki tingkat *elastisitas* yang paling rendah atau paling kaku (*rigid*) seperti yang ditunjukkan *spesimen* No. 9 dengan nilai deviasi 0,004.

2.3. Variasi Bentuk Benda Kerja

Bentuk benda kerja atau Geometris benda kerja ialah salah satu pernyataan terkait bentuk, posisi *relative* sebuah benda, pandang ruang, dan lain sebagainya. Dimana posisi benda kerja atau geometris benda kerja diukur menggunakan alat ukur seperti Jangka Sorong dan Mikrometer, dalam penelitian ini hasil cetak 3D *printing* memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda.

2.4. Analysis of Variance (ANOVA)

Anova adalah sebuah analisis statistik yang menguji perbedaan rerata antar grup. Grup disini bisa berarti kelompok atau jenis perlakuan. Anova ditemukan

dan diperkenalkan oleh seorang ahli statistik bernama Ronald Fisher. Anova merupakan singkatan dari *Analysis of variance*. Berbeda dengan independent sample t *test* yang hanya bisa menguji perbedaan rerata dari dua kelompok saja.

Anova digunakan sebagai alat analisis untuk menguji hipotesis penelitian yang mana menilai adakah perbedaan rerata antara kelompok. Hasil akhir dari analisis ANOVA adalah nilai F test atau F hitung. Nilai F Hitung ini yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai pada tabel f. Jika nilai f hitung lebih dari f tabel, maka dapat disimpulkan bahwa menerima H1 dan menolak H0 atau yang berarti ada perbedaan bermakna rerata pada semua kelompok.

2.4.1 Anova satu jalur (One Way – Anova)

(Rahayu, 2020) Analisis varians klasifikasi tunggal (*single classification*). Anova jenis ini sering disebut juga dengan *anova* satu jalan (*one way anova*). Anova jenis ini digunakan untuk menguji hipotesis komparatif rata-rata K sampel secara serempak. Setiap sampel akan mempunyai *mean* (rata-rata) dan *variens* (simpangan baku kuadrat). Ada dua *mean* (rata-rata) dalam *anova* ini yaitu *mean* dalam kelompok yaitu *mean* tiap-tiap kelompok sampel) dan *mean* total yaitu *mean* yang merupakan gabungan dari *mean* tiap-tiap kelompok. Pada anova satu jalan ini juga memiliki perhitungan deviasi yang dibagi menjadi tiga bentuk yaitu deviasi total, deviasi antarkelompok dan deviasi dalam kelompok. Jumlah deviasi yang kuadratkan (JK) yaitu variansi. Karena pengujian hipotesis melibatkan lebih dari dua kelompok sampel, maka akan terdapat beberapa macam jumlah kuadrat (JK), yaitu :

- a. Jumlah kuadrat total (JK_{tot}) merupakan penjumlahan kuadrat deviasi nilai *individual* dengan M_{tot} (rata-rata total).

$$JK_{tot} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\sum X_{tot})^2}{N} \quad (1)$$

- b. Jumlah Kuadrat antara (JK_{ant}), merupakan jumlah selisih kuadrat *mean* total (M_{tot}) dengan *Mean* setiap kelompok (M_i) dikalikan dengan jumlah setiap kelompok sampel setiap kelompok.

$$JK_{ant} = \sum \frac{(\sum X_k)^2}{n_k} - \frac{(\sum X_{tot})^2}{N} \quad (2)$$

c. JK dalam kelompok (JK_{dal})

$$JK_{dal} = JK_{tot} - JK_{ant} \quad (3)$$

Setiap sumber variasi didampingi dengan dk (derajat kebebasan), dan dk untuk setiap sumber variasi tidak sama. Berikut pedoman penentuan dk untuk setiap *varians*:

- Untuk varians antar kelompok (dk = m – 1)
- Untuk varians dalam kelompok (dk = N – m)
- Total (dk = N – 1)

Keterangan : m = jumlah kelompok sampel

N= jumlah seluruh anggota sampel

Untuk dapat menghitung Fhitung, maka beberapa sumber variansi harus dihitung mean kelompoknya, yang meliputi:

- Mean antar kelompok (MK_{ant}) = $\frac{JK_{ant}}{(m-1)}$ (4)

- Mean dalam kelompok (MK_{dal}) = $\frac{JK_{ant}}{N-m}$ (5)

Hal yang perlu diperhatikan jika menggunakan anava ini yaitu setiap sampelnya hanya memiliki satu kategori. Misalnya bila ingin menguji hipotesis ada tidaknya perbedaan secara signifikan antara hasil belajar mahasiswa statistika yang dibelajarkan dengan metode A dan metode B, metode C, maka digunakan anava satu jalan (*one way anova*).

2.4.2 Langkah-langkah Pengolahan Data Anova 1 Arah Dengan Software

(TI UII, 2013) Dalam pengujian data ANOVA 1 arah dengan menggunakan *software* diperlukan *software* penunjang, yaitu program SPSS. Dalam pengujian kasus Anova 1 arah dengan menggunakan program SPSS, adapun langkah yang dilakukan dalam pengujian Anova 1 Arah dibantu dengan *software* SPSS, sebagai berikut :

- a. Memasukkan data yang telah tersedia kedalam input data seperti gambar berikut. (terlebih dahulu isi bagian Variabel *View* dengan memasukkan *Defendant List* dan *Faktor List*).
- b. Melakukan setting analisis data sebagai berikut :
 - 1) Pilih *analyze* pada menu *file* yang ada, pilih *compare mean* → *One Way Anova*
 - 2) Pada Posisi *Dependent List* masukkan *variabel* yang menjadi *variabel* terikat. Dari data yang ada maka variabel terikatnya adalah *variabel* tingkat penjualan, maka pilih tingkat penjualan.
 - 3) Pada Posisi faktor pilih variabel yang menjadi faktor penyebab terjadinya perubahan pada *variabel* terikat. Dalam hal ini adalah *variabel* kemasan.
 - 4) Klik tombol *options* dan klik pilihan yang diinginkan
 - 5) Untuk melihat keseragaman pada perhitungan statistik, maka dipilih *Descriptive* dan *Homogeneity-of-variance*. Untuk itu klik *mouse* pada pilihan tersebut. *Missing Value* adalah data yang hilang, karena data yang dianalisis tidak ada yang hilang, maka abaikan saja pilihan ini kemudian klik *continue*. Klik *post hoc* dan pilih jenis *post hoc* yang diinginkan Klik *Tukey* dan *Bonferroni* perhatikan *significance level* yang digunakan. Pada gambardiatas tertuliskan 0,05. Hal itu dikarenakan α sebesar 5%. Kemudian klik *Continue* jika pengisian dianggap selesai